

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電気光学効果を有する基板に光導波路が形成されるとともに、該光導波路上の端部に弾性表面波を発生しうる一対の電極部が形成され、該一対の電極部にて発生した弾性表面波の周期に応じて所望の波長の光をモード変換して出射する光フィルタ装置であって、該光フィルタ装置内で生じた複屈折率分布を補償すべく、該光導波路の実効屈折率を変化させるように該光導波路が構成されたことを特徴とする、光フィルタ装置。

【請求項 2】 該光導波路の太さが、上記光の進行方向に対して分布をもつように構成されたことを特徴とする、請求項 1 記載の光フィルタ装置。

【請求項 3】 該光フィルタ装置内における温度分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、該光導波路の太さが、上記光の進行方向に対して分布をもつように構成されたことを特徴とする、請求項 1 記載の光フィルタ装置。

【請求項 4】 該光導波路の太さ分布が、該光導波路の入出射端部近傍を細く、該光導波路の中心部に向かって太くなるように構成されたことを特徴とする、請求項 2 記載の光フィルタ装置。

【請求項 5】 該一対の電極部にて発生した弾性表面波を吸収する一対の吸収部材が、該基板上における該光導波路の入出射端部位置近傍に設けられ、該一対の吸収部材が上記弾性表面波を吸収する際に発生する温度分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、該光導波路の太さ分布が、該光導波路の入出射端部近傍を細く、該光導波路の中心部に向かって太くなるように構成されたことを特徴とする、請求項 2 記載の光フィルタ装置。

【請求項 6】 該光フィルタ装置内における応力分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、該光導波路の太さが、上記光の進行方向に対して分布をもつように構成されたことを特徴とする、請求項 1 記載の光フィルタ装置。

【請求項 7】 該光導波路の両側部に拡散領域を形成したことにより発生する応力分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、該光導波路の太さ分布が、該光導波路の入出射端部近傍を細く、該光導波路の中心部に向かって太くなるように構成されたことを特徴とする、請求項 6 記載の光フィルタ装置。

【請求項 8】 該光導波路の上部位置に薄膜を形成したことにより発生する応力分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、該光導波路の太さ分布が、該光導波路の入出射端部近傍を太く、該光導波路の中心部に向かって細くなるように構成されたことを特徴とする、請求項 6 記載の光フィルタ装置。

【請求項 9】 該光導波路の上部位置に薄膜が部分的に形成され、

該光導波路上部における該薄膜の部分的形成により生じ

た複屈折率分布を補償すべく、該光導波路の太さが、上記光の進行方向に対して分布をもつように構成されたことを特徴とする、請求項 1 記載の光フィルタ装置。

【請求項 10】 該光導波路の太さ分布が、該薄膜が該光導波路上に形成されない位置に相当する該光導波路部分よりも、該薄膜が該光導波路上に形成された位置に相当する該光導波路部分が太くなるように構成されたことを特徴とする、請求項 9 記載の光フィルタ装置。

【請求項 11】 該光フィルタ装置内における温度分布及び応力分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、該光導波路の太さが、上記光の進行方向に対して分布をもつように構成されたことを特徴とする、請求項 1 記載の光フィルタ装置。

【請求項 12】 該一対の電極部にて発生した弾性表面波を吸収する一対の吸収部材が、該基板上における該光導波路の入出射端部位置近傍に設けられ、

該一対の吸収部材が上記弾性表面波を吸収する際に発生する温度分布及び該光導波路の両側部に拡散領域を形成したことにより発生する応力分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、該光導波路の太さ分布が、該光導波路の入出射端部近傍を細く、該光導波路の中心部に向かって太くなるように構成されたことを特徴とする、請求項 11 記載の光フィルタ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】（目次）

発明の属する技術分野

従来の技術（図 15、図 17、図 18）

発明が解決しようとする課題（図 16～図 18）

課題を解決するための手段

30 発明の実施の形態

・（a）第 1 実施形態の説明（図 1～図 7）

・（b）第 2 実施形態の説明

（b1）第 2 実施形態の第 1 の態様の説明（図 8～図 11）

（b2）第 2 実施形態の第 2 の態様の説明（図 12～図 14）

発明の効果

【0002】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば光通信システムの端局装置又は中継装置において、波長多重された信号光の分波を行ったり、信号光における雑音光成分を除去する際に用いて好適な、光フィルタ装置に関する。

【0003】

【従来の技術】一般的に、光通信システムの端局装置又は中継装置においては、波長多重された信号光の分波を行ったり、信号光における雑音光成分を除去する光フィルタ装置として、例えば図 15 に示すような光フィルタ装置が用いられている。ここで、図 15 に示す光フィルタ装置 100 は、基板 101 に光導波路 102 が形成

3

されるとともに、光導波路102を含む基板面上の入射端部位置近傍にトランスデューサ103が形成されるものであって、トランスデューサ103にて弾性表面波を発生することにより、入射光のうちの所望の波長の光をモード変換して出射する音響光学チューナブル波長フィルタとして機能するようになっている。

【0004】また、光導波路102の両側部には拡散領域106が形成されるとともに、基板101上における光導波路102の入出射端部位置近傍であって、拡散領域106に最も近接する位置に一对の吸収部材107が設けられている。ここで、基板101は、電気光学効果を有するものであり、例えば、結晶構造をX軸方向にカットしたニオブ酸リチウム(X-cut LiNbO₃)により形成されている。

【0005】また、光導波路102は、基板101内にチタン(Ti)等の金属を拡散させることにより、その部分の屈折率が基板101の他の部分の屈折率よりも大きくなるように構成されている。さらに、トランスデューサ103は、弾性表面波を発生しうる一对の櫛形電極104、105からなり、櫛形電極104は、複数の歯電極104a、複数の歯電極104aに一体に接続され各歯電極104aに電位を与える共通電極104bをそなえる一方、櫛形電極105は、複数の歯電極105a、複数の歯電極105aに一体に接続され各歯電極105aに電位を与える共通電極105bをそなえて構成されている。なお、このトランスデューサ103は、光導波路102上の入射端部側の吸収部材107の後段に、例えば金(Au)等の金属を蒸着することにより形成される。

【0006】ここで、光フィルタ装置100にてモード変換される波長は、トランスデューサ103にて発生する弾性表面波の周期 Λ を設定することにより、任意に設定することができる。なお、図15において、108は高周波電圧信号発生器(RF電圧信号発生器)で、この高周波電圧信号発生器108は、トランスデューサ103にて弾性表面波を発生すべく、櫛形電極105の共通電極105bに高周波電圧信号(RFパワー)を与えるものである。

【0007】また、拡散領域106は、例えばチタン(Ti)等の金属を高濃度拡散させてなるもので、その部分の屈折率が基板101の他の部分の屈折率よりも大きくなるように構成されている。即ち、光フィルタ装置100においては、前述のごとく拡散領域106を光導波路102の両側部に形成することにより、光導波路102と拡散領域106との間の基板101の内部(符号A参照)に弾性表面波を閉じ込めて基板101の外部に漏洩することを防ぐように構成されており、低消費電力化のための配慮が施されている。

【0008】さらに、吸収部材107は、トランスデューサ103にて発生した弾性表面波を吸収するものであ

4

り、例えばワックスやゴム等のような柔軟な素材により構成されている。このような構成により、図15に示す光フィルタ装置100においては、光導波路102の入射側端部Sから信号光が入射されると、入射光は光導波路102中を伝播する。

【0009】このとき、トランスデューサ103にて発生した弾性表面波による音響光学効果の作用により、入射光のうち、所望の波長の光(即ち、弾性表面波の周期 Λ により決定される波長の光)の偏波が90°回転するため、その波長の光がモード変換されて光導波路102の出射側端部Tから出射される。ここで、図15に示す光フィルタ装置100は、波長依存性が大きく(ニオブ酸リチウムの基板特性上、モード変換しうる波長に選択性が少なく)、実際には、弾性表面波の周期 Λ により決定される波長の光(本来光フィルタ装置100にてモード変換させたい波長の光)だけでなく、その波長帯に近接する波長帯の光も一部モード変換されて、これがサイドローブとして光導波路102の出射側端部Tから出射される。

【0010】例えば、弾性表面波の周期 Λ の設定により、モード変換させたい光波長を約1.55 μ mとした場合には、光フィルタ装置100においては、1.55 μ m帯の波長に近接する波長帯の光も一部モード変換されることになる。このため、光フィルタ装置100からは、例えば図17や図18において符号Qで示すように、1.55 μ m帯の波長に近接する波長帯の光が、サイドローブとして出射されるのである。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の図15に示す光フィルタ装置100においては、吸収部材107が弾性表面波を吸収する際に発熱するため、基板101では吸収部材107が設けられた部分の温度が上昇して、基板101内部に温度分布が生じる。また、この光フィルタ装置100は、高濃度のチタンを拡散して拡散領域106が形成されているため、図16に示すように基板101に応力がかかるような構成となっている(なお、図16では、基板101にかかる圧縮応力を矢印Pで示している)。

【0012】この図16に示すように、拡散領域106を形成することにより生じる応力は、基板101の中心部近傍に集中的にかかり、基板101の両端部近傍にはそれほどかからない。即ち、拡散領域106を形成することにより、基板101に応力分布が生じるのであり、基板101内部に応力分布が生じると、基板101に歪みが生じることになる。

【0013】ここで、基板101の温度が一律に上昇するときや基板101に均等に応力がかかるときには、基板101の複屈折率には分布は生じないため、その温度や応力での基板101の複屈折率を用いて光フィルタ装置100にてモード変換される波長を設定すればよい。

ところが、基板101内部に温度分布や応力分布が生じると、基板101の複屈折率にも分布が生じるため、光フィルタ装置100にてモード変換される波長の値が変動する。

【0014】そして、光フィルタ装置100にてモード変換される波長の設定が変動すると、モード変換させたい光波長より短波長側又は長波長側のサイドローブの一部(図17、図18に示す例ではモード変換させたい光波長より短波長側のサイドローブの一部)が増大して、サイドローブとして出射される波長の光の出力レベルが大きくなる。

【0015】また、このように光フィルタ装置100にてモード変換される波長の設定が変動すると、図17及び図18に示すように、モード変換させたい光波長(中心波長)が揺らぐ場合もある。従って、このような光フィルタ装置100を、波長多重(WDM)伝送を行なう光通信システムにおいて用いた場合には、サイドローブの出力レベル増大に起因して、異なる波長の信号間で発生するクロストークを増大させ、波長多重通信における信号光の波長配置を著しく制限する要因となるという課題がある。

【0016】また、このような光フィルタ装置100を、1波のみの信号光を伝送する光通信システムにおける波長透過フィルタとして用いた場合には、信号光における雑音光成分を精度良く除去することができないという課題もある。本発明は、このような課題に鑑み創案されたもので、光フィルタ装置内で生じた複屈折率分布を補償することにより、入射光のモード変換を行なう際に発生するサイドローブの増大や中心波長の揺らぎを防ぎ、ひいては入射光の分波精度又は雑音光成分除去精度を向上させて良好なフィルタ特性を得ることができるようにした、光フィルタ装置を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】このため、本発明の光フィルタ装置は、電気光学効果を有する基板に光導波路が形成されるとともに、光導波路上の端部に弾性表面波が発生しうると一対の電極部が形成され、一対の電極部にて発生した弾性表面波の周期に応じて所望の波長の光をモード変換して出射する光フィルタ装置であって、光フィルタ装置内で生じた複屈折率分布を補償すべく、光導波路の実効屈折率を変化させるように光導波路が構成されたことを特徴としている(請求項1)。

【0018】そして、本発明の光フィルタ装置は、光導波路の太さが、上記光の進行方向に対して分布をもつように構成されたことを特徴としている(請求項2)。ここで、本発明の光フィルタ装置は、光フィルタ装置内における温度分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、光導波路の太さを、上記光の進行方向に対して分布をもつように構成することができる(請求項3)。

【0019】このとき、光導波路の太さ分布を、光導波路の入出射端部近傍を細く、光導波路の中心部に向かって太くなるように構成してもよい(請求項4)。具体的には、一対の電極部にて発生した弾性表面波を吸収する一対の吸収部材が、基板上における光導波路の入出射端部位置近傍に設けられ、一対の吸収部材が上記弾性表面波を吸収する際に発生する温度分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、光導波路の太さ分布を、光導波路の入出射端部近傍を細く、光導波路の中心部に向かって太くなるように構成することができる(請求項5)。

【0020】また、本発明の光フィルタ装置は、光フィルタ装置内における応力分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、光導波路の太さを、上記光の進行方向に対して分布をもつように構成することができる(請求項6)。具体的には、光導波路の両側部に拡散領域を形成したことにより発生する応力分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、光導波路の太さ分布を、光導波路の入出射端部近傍を細く、光導波路の中心部に向かって太くなるように構成することができる(請求項7)。

【0021】また、光導波路の上部位置に薄膜を形成したことにより発生する応力分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、光導波路の太さ分布を、光導波路の入出射端部近傍を太く、光導波路の中心部に向かって細くなるように構成することができる(請求項8)。さらに、本発明の光フィルタ装置は、光導波路の上部位置に薄膜が部分的に形成され、光導波路上部における薄膜の部分的形成により生じた複屈折率分布を補償すべく、光導波路の太さを、上記光の進行方向に対して分布をもつように構成することができる(請求項9)。

【0022】このとき、光導波路の太さ分布を、薄膜が光導波路上に形成されない位置に相当する光導波路部分よりも、薄膜が光導波路上に形成された位置に相当する光導波路部分が太くなるように構成することができる

(請求項10)。また、本発明の光フィルタ装置は、光フィルタ装置内における温度分布及び応力分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、光導波路の太さを、上記光の進行方向に対して分布をもつように構成することができる(請求項11)。

【0023】具体的には、一対の電極部にて発生した弾性表面波を吸収する一対の吸収部材が、基板上における光導波路の入出射端部位置近傍に設けられ、一対の吸収部材が上記弾性表面波を吸収する際に発生する温度分布及び光導波路の両側部に拡散領域を形成したことにより発生する応力分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、光導波路の太さ分布を、光導波路の入出射端部近傍を細く、光導波路の中心部に向かって太くなるように構成することができる(請求項12)。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

(a) 第1実施形態の説明

図1は本発明の第1実施形態にかかる光フィルタ装置の構成を示す模式図であり、この図1に示す光フィルタ装置10は、基板1に光導波路2が形成されるとともに、光導波路2を含む基板面上の入射端部位置近傍にトランスデューサ3が形成されるものであって、トランスデューサ3にて弾性表面波を発生することにより、入射光のうちの所望の波長の光をモード変換して出射する音響光学チューナブル波長フィルタとして機能するようになっている。

【0025】また、光導波路2の両側部には拡散領域6が形成されるとともに、基板1上における光導波路2の入射端部位置近傍には一対の吸収部材7が設けられている。例えば、入射光としてTEモード又はTMモードの信号光が入射されると、この光フィルタ装置10では、所望の波長の信号光のみをモード変換し、TMモード又はTEモードの信号光として出射する一方、他の波長の信号光については、モード変換することなくそのまま出射するようになっている。

【0026】即ち、この図1に示す光フィルタ装置10の後段に、特定偏光のみを透過しうる偏光子等をそなえることにより、光通信システムにおいて波長多重された信号光を分波する波長分波フィルタを構成したり、信号光における他波長成分として含まれる雑音光成分を除去する雑音除去フィルタを構成することができるようになっている。

【0027】ここで、基板1は、電気光学効果を有するものであり、例えば、結晶構造をX軸方向にカットしたニオブ酸リチウム(X-cut LiNbO₃)により形成されている。また、光導波路2は、基板1における結晶構造のY軸方向に平行に伝播するY伝播の光導波路であり、基板1の端部Sから入射された光がYZ平面上でY軸に平行となるように伝播して、端部Sの逆側端部Tから出射されるように、チタン(Ti)等の金属がパターニングされて拡散されるようになっている。

【0028】なお、この光導波路2として拡散される金属としては、光導波路2の部分の屈折率が基板1の部分の屈折率よりも大きくなるようなものが用いられる。さらに、一対の電極部としてのトランスデューサ3は、光導波路2上の入射端部側の吸収部材7の後段に、例えばチタン(Ti)や金(Au)等の金属を蒸着又はパターニングすることにより形成されるものであり、弾性表面波を発生しうる一対の櫛形電極4、5をそなえて構成されている。

【0029】ここで、櫛形電極4は、複数の歯電極4a及び複数の歯電極4aに一体に接続され各歯電極4aに電位を与える共通電極4bをそなえる一方、櫛形電極5は、複数の歯電極5a及び複数の歯電極5aに一体に接続され各歯電極5aに電位を与える共通電極5bをそなえて構成されている。また、共通電極4bに一体に接続

される複数の歯電極4aは、それぞれ等間隔に配設されるとともに、共通電極5bに一体に接続される複数の歯電極5aについても、上述の歯電極4aと等しい間隔で配設されている。

【0030】さらに、歯電極5aは、櫛形電極4における隣接する歯電極4a内に挟まれるように配置されている。換言すれば、一対の櫛形電極4、5は、光導波路2上に互いに噛み合うように(歯電極4a、5aが、光導波路2上に交互に且つ直交するように)配設されている。なお、第1実施形態では、トランスデューサ3は、電極長(共通電極4b、5bの長さ)が100μm程度、歯電極4a、5aの太さがそれぞれ5μm程度、隣接する歯電極4a、5aの間隔が5μm程度、歯電極4a、5aのそれぞれの配設間隔(電極周期)が20μm程度となるように(即ち、5周期分の歯電極4a、5aをそなえるように)形成されている。また、トランスデューサ3の開口長は140μm程度である。

【0031】また、図1において、8は高周波電圧信号発生器(RF電圧信号発生器)であり、櫛形電極4における共通電極4bは接地されるとともに、櫛形電極5における共通電極5bの中心部は高周波電圧信号発生器8に接続され、この高周波電圧信号発生器8から櫛形電極5に対して高周波電圧信号(RFパワー)が与えられるようになっている。

【0032】従って、隣接する歯電極4a、5a間において電位差が生じるため、基板1におけるトランスデューサ3近傍には光導波路2と平行な方向に周期的な電界が印加される。これにより、基板1が電界の方向に周期的に伸縮するため、トランスデューサ3にて弾性表面波が発生するようになっているのである。また、拡散領域6は、例えばチタン(Ti)等の金属を高濃度拡散させてなるもので、その部分の屈折率が基板1の他の部分の屈折率よりも大きくなるように構成されている。

【0033】即ち、光フィルタ装置10においては、前述のごとく拡散領域6を光導波路2の両側部に形成することにより、光導波路2と拡散領域6との間の基板1の内部(符号B参照)に弾性表面波を閉じ込めて基板1の外部に漏洩することを防ぐように構成されており、低消費電力化のための配慮が施されている。なお、第1実施形態では、拡散領域6は、光導波路2から140μm程度隔離した位置に形成し、拡散領域6の横方向の長さ(基板1における結晶構造のY軸方向の長さ)を30mm程度とした。また、拡散処理は、基板1の表面に厚さ1500Åのチタンを蒸着してパターニングし、1050℃の雰囲気中に30時間おくことにより行なった。

【0034】さらに、吸収部材7は、トランスデューサ3にて発生した弾性表面波を吸収するものであり、例えば弾性体のような柔軟な素材(ワックス、ゴム、ポリマー及びレジスト等)により構成されている。そして、光フィルタ装置10においては、これらの吸収部材7を、

基板 1 上における光導波路 2 の入出射端部位置近傍であって、拡散領域 6 に最も近接する位置に設けることにより、光導波路 2 中を伝搬する入射光を弾性表面波と干渉させる領域（干渉領域；図 1 の符号 $K_1 - K_2$ 間の領域）が形成されている。

【0035】ここで、光フィルタ装置 10 にてモード変換される波長は、トランスデューサ 3 にて発生する弾性表面波の周期 Λ を設定することにより、任意に設定することができる。即ち、TE モード、TM モードの光に対する基板 1 の実効屈折率を、それぞれ N_{TE} 、 N_{TM} とすると、位相整合条件より、モード変換される光の波長 λ と、弾性表面波の周期 Λ との間には次式①に示すような関係が成立する。

【0036】

$$\lambda = \Lambda |N_{TE} - N_{TM}| \quad \dots \textcircled{1}$$

このとき、基板 1 を形成するニオブ酸リチウムの複屈折率（即ち $|N_{TE} - N_{TM}|$ ）は 0.072 程度であるため、例えば波長 1.55 μm 帯の光をモード変換するためには、弾性表面波の周期 Λ を 21.5 μm 程度に設定すればよい。そして、弾性表面波の周期 Λ を 21.5 μm 程度に設定するためには、弾性表面波の速度（音速）が約 3700 m/s であることから、楕形電極 5 に対して周波数が 17.2 MHz 程度の高周波電圧信号を与える必要がある。このとき要求される RF パワーは、干渉領域の長さ（干渉長；図 1 の符号 $K_1 - K_2$ 間の長さ）に依存する。例えば干渉長が 30 mm 程度であるときには、要求される RF パワーは 10 mW 程度である。

【0037】ここで、光導波路 2 の太さ（光導波路 2 のパターン幅）は、例えば 7 μm 程度であるが、第 1 実施形態にかかる光フィルタ装置 10 においては、光導波路 2 の太さが、光の進行方向に対して一様ではなく分布をもつように構成されている。即ち、この光フィルタ装置 10 においては、光導波路 2 の太さ分布が、図 1 に示すように、光導波路 2 の入出射端部近傍を細く、光導波路 2 の中心部に向かって太くなるように構成されている。

【0038】ここで、第 1 実施形態にかかる光フィルタ装置 10 においても、前述した光フィルタ装置 100

（図 15 参照）と同様に、吸収部材 7 が弾性表面波を吸収する際に発熱するため、基板 1 内部に温度分布が生じる。また、この光フィルタ装置 10 においても、高濃度のチタンを拡散して拡散領域 6 を形成しているため、基板 1 内部に応力分布が生じる。そして、基板 1 内部に応力分布が生じると、基板 1 に歪みが生じることになる。

【0039】このように、基板 1 内部に温度分布や応力分布が生じると、基板 1 の複屈折率にも分布が生じる。そこで、第 1 実施形態にかかる光フィルタ装置 10 においては、基板 1 内部における温度分布や応力分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、図 1 に示すように太さ分布をもたせて光導波路 2 を構成して、光導波路 2 の実効屈折率を変化させているのである。

【0040】ここで、基板 1 の複屈折率、温度及び光導波路 2 の太さの関係について説明すると、基板 1 の複屈折率は、図 3 に示すように温度が上昇するに伴って小さくなり（勾配；約 $-3.4 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ ）、図 4 に示すように光導波路 2 の幅が太くなるに伴って小さくなる

（勾配；約 $-3.0 \times 10^{-4}/\mu\text{m}$ ）。これにより、例えば 1 $^\circ\text{C}$ の温度変化により生じた複屈折率変化は、光導波路 2 の太さを 0.1 μm 程度変化させることにより補償できることがわかる。

【0041】さらに、図 1 に示す光フィルタ装置 10 の基板 1 内部における温度分布を予め測定した結果を、図 2 (a) に示す。なお、図 2 (a) において、符号 C は光導波路 2 の中心部位置を示し、符号 K_1 及び K_2 はそれぞれ拡散領域 6 の両端部位置を示す（図 1 参照）。この図 2 (a) に示すように、基板 1 内部では、吸収部材 7 による弾性表面波の吸収に伴って、拡散領域 6 の両端部位置近傍（即ち、吸収部材 7 の配設位置近傍）の方が、光導波路 2 の中心部位置近傍よりも温度が高くなっており、基板 1 内部に温度分布が生じていることがわかる。なお、吸収部材 7 自身が弾性表面波を吸収する際の温度上昇は、1～数 $^\circ\text{C}$ 程度である。

【0042】従って、第 1 実施形態においては、詳細には図 2 (b) に示すように、光導波路 2 の幅を基板 1 内部の温度分布に応じて変化させることにより〔換言すれば、温度分布に応じた太さ分布をもたせて光導波路 2 を構成することにより〕、温度分布により生じた基板 1 の複屈折率分布を補償するように構成しているのである。なお、図 2 (b) は、光導波路 2 の太さ分布を示すものであり、この図 2 (b) においても、符号 C は光導波路 2 の中心部位置を示し、符号 K_1 及び K_2 はそれぞれ拡散領域 6 の両端部位置を示す。

【0043】さらに、基板 1 の複屈折率、応力及び光導波路 2 の太さの関係について説明する。ここで、図 6 は、基板 1 の複屈折率と基板 1 における結晶構造の Z 軸方向の歪みとの関係を示す図であり、基板 1 の複屈折率は、この図 6 に示すように圧縮応力が大きくなるに伴って大きくなる（勾配；約 $-4.0 \times 10^{-3}/\%$ ）。

【0044】また、基板 1 の複屈折率は、前述したように光導波路 2 の幅が太くなるに伴って小さくなる（図 4 参照）。これにより、例えば 0.01 % の歪み変化により生じた複屈折率変化は、光導波路 2 の太さを 0.1 μm 程度変化させることにより補償できることがわかる。また、図 1 に示す光フィルタ装置 10 の基板 1 内部における応力分布に起因する歪みについて、予め測定した結果を図 5 (a) に示す。なお、図 5 (a) において、符号 C は光導波路 2 の中心部位置を示し、符号 K_1 及び K_2 はそれぞれ拡散領域 6 の両端部位置を示す（図 1 参照）。

【0045】この図 5 (a) 及び前述した図 16 から、基板 1 内部では、光導波路 2 の中心部位置近傍において

歪みが生じていることがわかる。従って、第1実施形態においては、詳細には図5(b)に示すように、光導波路2の幅を基板1内部の応力分布（即ち歪み分布）に応じて変化させることにより〔換言すれば、応力分布に応じた太さ分布をもたせて光導波路2を構成することにより〕、応力分布により生じた基板1の複屈折率分布を補償するように構成しているのである。なお、図5(b)は、光導波路2の太さ分布を示すものであり、この図5(b)においても、符号Cは光導波路2の中心部位置を示し、符号K₁及びK₂はそれぞれ拡散領域6の両端部位置を示す。

【0046】なお、第1実施形態にかかる光フィルタ装置10においては、温度分布や応力分布が複合的な要因となって基板1に複屈折率分布が生じている。これらの各要因を考慮した光導波路2の幅の設定は、図2(b)又は図5(b)に示すように、光導波路2の入出射端部近傍を細く光導波路2の中心部に向かって太くしている点で共通しており、これらの図2(b)又は図5(b)に示すような太さ分布をもたせて光導波路2を構成すれば、少なくとも基板1内部における温度分布や応力分布により複合的に生じた複屈折率分布を改善することができるのである。

【0047】上述の構成により、本発明の第1実施形態にかかる光フィルタ装置10においては、光導波路2の入射側端部Sから信号光が入射されると、入射光は光導波路2中を伝播する。このとき、トランスデューサ3にて発生した弾性表面波による音響光学効果の作用により、入射光のうち、所望の波長の光（即ち、弾性表面波の周期 Λ により決定される波長の光）の偏波が90°回転するため、その波長の光がモード変換されて光導波路2の出射側端部Tから出射される。

【0048】このとき、光フィルタ装置10においては、弾性表面波の周期 Λ により決定される波長の光（本来光フィルタ装置10にてモード変換させたい波長の光）だけでなく、その波長帯に近接する波長帯の光も一部モード変換されて、これがサイドローブとして光導波路2の出射側端部Tから出射される。ここで、第1実施形態にかかる光フィルタ装置10においては、前述のごとく光導波路2の太さが光の進行方向に対して分布をもつように構成されているので、基板1内部における温度分布や応力分布により生じた基板1の複屈折率分布を改善することができ、図7に示すように、光フィルタ装置10から出射されるサイドローブを、モード変換させたい光波長（中心波長：1.55 μm ）の短波長側及び長波長側とで対称にすることができる。なお、図7においてもサイドローブを符号Qで示す。

【0049】即ち、従来よりの光フィルタ装置100（図15参照）においては、例えば図17に示すように、中心波長よりも短波長側のサイドローブのうちで中心波長に最も近接するものの強度（中心波長帯よりも短

波長側で隣接するサイドローブのピーク点）は約-6.7dBとなる。これに対して、光フィルタ装置10においては、図7に示すように、中心波長よりも短波長側のサイドローブのうちで中心波長に最も近接するものの強度を、長波長側のサイドローブのうちで中心波長に最も近接するものの強度（中心波長帯よりも長波長側で隣接するサイドローブのピーク点）と同様に、約-9.3dBとすることができる。従って、光フィルタ装置10においては、従来よりの光フィルタ装置100におけるようなサイドローブの増大を防ぐことができ、サイドローブを温度分布及び応力分布が生じない場合の状態となるように改善している。

【0050】また、第1実施形態にかかる光フィルタ装置10においては、上述のごとく基板1の複屈折率分布を改善することができるので、図7に示すように中心波長の揺らぎについても改善している。このように、本発明の第1実施形態にかかる光フィルタ装置10によれば、光導波路2の実効屈折率を変化させるように光導波路が構成されている（即ち、光導波路2の太さが、光の進行方向に対して分布をもつように構成されている）ので、基板1内部における温度分布や応力分布により生じた複屈折率分布を改善することができる。これにより、入射光のモード変換を行なう際に発生するサイドローブの増大を防ぐことができ、良好なフィルタ特性を得ることができる。

【0051】また、このように基板1内部における温度分布や応力分布により生じた複屈折率分布を改善することができるので、出力される信号光の波長を中心波長帯に安定化させ、中心波長の揺らぎを防ぐこともできる。従って、このような光フィルタ装置10を光通信システムに適用すれば、波長多重された信号光を精度よく分波したり、信号光における他波長成分として含まれる雑音光成分を精度よく除去することができる。

【0052】また、予め基板1内に生じる温度分布や応力分布を測定しておき、その分布に応じて光導波路2の太さ分布を設計することにより、光導波路2の太さ分布をなめらかなものとすることができ、これにより、光導波路2の太さを段階的に変化させたときに発生するような入射光の損失を防ぐことができる。なお、基板1内に生じる温度分布及び応力分布を考慮して光導波路2の太さ分布を設計すれば、温度分布及び応力分布により複合的に生じた基板1の複屈折率分布を完全に補償することが可能となる。

【0053】また、第1実施形態においては、光導波路2の太さ分布を、基板1内部の温度分布や応力分布に応じて設計した場合について説明したが、光導波路2の太さ分布は、少なくとも全体として複屈折率分布を補償することができるのであれば、温度分布や応力分布に厳密に対応させる必要はない。即ち、光導波路2の太さ分布は、全体として複屈折率分布を補償することができるの

であれば、例えば山型（三角形）のような分布であってもよい。

【0054】(b) 第2実施形態の説明

(b1) 第2実施形態の第1の態様の説明

図8は本発明の第2実施形態の第1の態様にかかる光フィルタ装置の構成を示す模式図であり、この図8に示す光フィルタ装置20は、基板11に光導波路12が形成されるとともに、光導波路12を含む基板面上の入射端部位置近傍にトランスデューサ13が形成されるものであって、トランスデューサ13にて弾性表面波を発生することにより、入射光のうちの所望の波長の光をモード変換して射出する音響光学チューナブル波長フィルタとして機能するものである。

【0055】また、この光フィルタ装置20においては、前述した第1実施形態における光フィルタ装置10とは異なり、光導波路12の上部位置には薄膜16が形成されるとともに、基板11上における光導波路12の入射端部位置近傍であって、薄膜16に近接する位置に一对の吸収部材17が設けられている。即ち、この図8に示す光フィルタ装置20も、前述の第1実施形態におけるものと同様に、後段に特定偏光のみを透過しうる偏光子等をそなえることにより、光通信システムにおいて波長多重された信号光を分波する波長分波フィルタを構成したり、信号光における他波長成分として含まれる雑音光成分を除去する雑音除去フィルタを構成することができるようになってい

【0056】ここで、基板11、光導波路12、トランスデューサ13及び吸収部材17は、それぞれ前述の第1実施形態における基板1、光導波路2、トランスデューサ3及び吸収部材7と同様の構成及び機能を有するものである。なお、一对の電極部としてのトランスデューサ13は、一对の櫛形電極14、15をそなえて構成されており、櫛形電極14は、複数の歯電極14a及び複数の歯電極14aに一体に接続され各歯電極14aに電位を与える共通電極14bをそなえる一方、櫛形電極15は、複数の歯電極15a及び複数の歯電極15aに一体に接続され各歯電極15aに電位を与える共通電極15bをそなえて構成されている。

【0057】また、薄膜16は、例えば二酸化ケイ素(SiO_2)等のような屈折率が大きい素材にて構成され、薄膜16が形成された部分の基板11の内部に弾性表面波を閉じ込めて基板11の外部に漏洩することを防ぐためのものであり、第1実施形態における拡散領域6と同様の機能を有するものである。そして、薄膜16が形成された部分の基板11の内部が、光導波路12中を伝搬する入射光を弾性表面波と干渉させる領域（干渉領域；図8の符号 $L_1 - L_2$ 間の領域）ということになる。なお、薄膜16の横方向の長さ（基板11における結晶構造のY軸方向の長さ）は30mm程度である。

【0058】さらに、図8において、18は高周波電圧

信号発生器（RF電圧信号発生器）であり、第1実施形態におけるものと同様のものである。また、光導波路12の太さ（光導波路12のパターン幅）は、例えば7 μm 程度であるが、この光フィルタ装置20においても、第1実施形態にかかる光フィルタ装置10と同様に、光導波路12の太さが、光の進行方向に対して一様ではなく分布をもつように構成されている。

【0059】ここで、この光フィルタ装置20においては、薄膜16を光導波路12の上部位置に形成しているため、基板11内部に応力分布が生じ、基板11に歪みが生じることになる。この場合も、基板11内部に応力分布が生じると、基板11の複屈折率にも分布が生じる。なお、図8では、基板11にかかる引っ張り応力を矢印Rで示している。

【0060】そして、この場合の基板11の複屈折率と応力との関係は、図10に示すようになる。ここで、図10は、基板11の複屈折率と基板11における結晶構造のY軸方向の歪みとの関係を示す図であり、基板11の複屈折率は、この図10に示すように引っ張り応力が大きくなるに伴って大きくなる（勾配；約 $4.3 \times 10^{-3} \%$ ）。

【0061】また、基板1の複屈折率は、前述したように光導波路2の幅が太くなるに伴って小さくなる（図4参照）。これにより、例えば0.01%の歪み変化により生じた複屈折率変化は、光導波路2の太さを0.05 μm 程度変化させることにより補償できることがわかる。

【0062】また、図8に示す光フィルタ装置20の基板11内部における応力分布に起因する歪みについて、予め測定した結果を図9(a)に示す。なお、図9(a)において、符号Dは光導波路2の中心部位置を示し、符号 L_1 及び L_2 はそれぞれ及び薄膜16の両端部位置を示す（図8参照）。この図9(a)から、基板11内部では、光導波路12の両端部位置近傍において歪みが生じていることがわかる。

【0063】そこで、第2実施形態の第1の態様にかかる光フィルタ装置20においては、このような応力分布により生じた複屈折率分布を補償すべく、前述のごとく太さ分布をもたせて光導波路12を構成して、光導波路12の実効屈折率を変化させているのである。具体的には、この光フィルタ装置20においては、光導波路12の太さ分布を、図9(b)に示すように、光導波路12の入射端部近傍を太く、光導波路12の中心部に向かって細くなるように構成している。

【0064】即ち、第2実施形態の第1の態様においては、図9(b)に示すように、光導波路12の幅を基板11内部の応力分布（即ち歪み分布）に応じて変化させることにより〔換言すれば、応力分布に応じた太さ分布をもたせて光導波路12を構成することにより〕、応力分布により生じた基板11の複屈折率分布を補償するよ

うに構成しているのである。なお、図 9 (b) は、光導波路 12 の太さ分布を示すものであり、この図 9 (b) においても、符号 D は光導波路 12 の中心部位置を示し、符号 L₁ 及び L₂ は、それぞれ及び薄膜 16 の両端部位置を示す。

【0065】なお、この光フィルタ装置 20 においても、前述の第 1 実施形態の場合と同様に吸収部材 17 の発熱による温度分布の発生を考慮する必要があるが、この光フィルタ装置 20 においては、他の方法（例えば基板 11 の裏面であって吸収部材 17 が設けられた箇所に相当する部分を冷却すること等）により、温度分布の発生を抑制すればよい。

【0066】上述の構成により、本発明の第 2 実施形態の第 1 の態様にかかる光フィルタ装置 20 においては、光導波路 12 の入射側端部 S から信号光が入射されると、入射光は光導波路 12 中を伝播する。このとき、トランスデューサ 13 にて発生した弾性表面波による音響光学効果の作用により、入射光のうち、所望の波長の光（即ち、弾性表面波の周期 Λ により決定される波長の光）の偏波が 90° 回転するため、その波長の光がモード変換されて光導波路 12 の出射側端部 T から出射される。

【0067】この場合も、光導波路 12 の出射側端部 T からは、弾性表面波の周期 Λ により決定される波長帯に近接する波長帯の光も一部モード変換されて、サイドローブとして出射される。ここで、この光フィルタ装置 20 において、従来よりの光フィルタ装置と同様に、光導波路 12 の太さを一定とした場合には、基板 11 の複屈折率分布を補償できないので、モード変換させたい光波長より短波長側又は長波長側のサイドローブの一部（図 11 に示す例ではモード変換させたい光波長より長波長側のサイドローブの一部）が増大するとともに、モード変換させたい光波長（中心波長）が揺らぐ場合もある。なお、図 11 においてもサイドローブを符号 Q で示す。

【0068】ところが、この光フィルタ装置 20 は、前述のごとく光導波路 12 の太さが光の進行方向に対して分布をもつように構成しているので、基板 11 内部における応力分布により生じた基板 11 の複屈折率分布を補償することができ、光フィルタ装置 20 から出射されるサイドローブを、モード変換させたい光波長（中心波長）の短波長側及び長波長側とで対称にすることができる。

【0069】そして、この光フィルタ装置 20 は、上述のごとく基板 11 の複屈折率分布を補償することができるので、中心波長の揺らぎを改善することもできる。このように、本発明の第 2 実施形態の第 1 の態様にかかる光フィルタ装置 20 によれば、光導波路 12 の実効屈折率を変化させるように光導波路が構成されている（即ち、光導波路 12 の太さが、光の進行方向に対して分布をもつように構成されている）ので、基板 11 内部にお

ける応力分布により生じた複屈折率分布を補償することができ、第 1 実施形態にかかる光フィルタ装置 10 と同様の利点を得ることができる。

【0070】また、予め基板 11 内に生じる応力分布を測定しておき、この分布に応じて光導波路 12 の太さ分布を設計することにより、基板 11 の複屈折率分布を完全に補償することが可能となるとともに、このときも光導波路 12 の太さ分布をなめらかなものとして行うことができるため、光導波路 12 の太さを段階的に変化させたときに発生するような入射光の損失を防ぐことができる。

【0071】なお、第 2 実施形態の第 1 の態様においても、光導波路 12 の太さ分布を、基板 11 内部の応力分布に応じて設計した場合について説明したが、光導波路 12 の太さ分布は、少なくとも全体として複屈折率分布を補償することができるのであれば、応力分布に厳密に対応させる必要はない。即ち、光導波路 12 の太さ分布は、全体として複屈折率分布を補償することができるのであれば、例えば谷型のような分布であってもよい。

【0072】また、第 1 の態様においては、吸収部材 17 の発熱による温度分布の発生を、例えば冷却等のような他の方法にて抑制した場合について説明したが、温度分布も考慮した上で光導波路 12 の太さ分布を設計してもよい。

(b2) 第 2 実施形態の第 2 の態様の説明

図 12 は本発明の第 2 実施形態の第 2 の態様にかかる光フィルタ装置の構成を示す模式図であり、この図 12 に示す光フィルタ装置 30 は、基板 21 に光導波路 22 が形成されるとともに、光導波路 22 を含む基板面上の入射端部位置近傍にトランスデューサ 23 が形成されるものであって、トランスデューサ 23 にて弾性表面波を発生することにより、入射光のうちの所望の波長の光をモード変換して出射する音響光学チューナブル波長フィルタとして機能するものである。

【0073】また、この光フィルタ装置 30 においては、前述した第 2 実施形態の第 1 の態様における光フィルタ装置 20 とは異なり、光導波路 22 の上部位置には薄膜 26 が部分的に形成されるとともに、基板 21 上における光導波路 22 の入射端部位置近傍であって、薄膜 26 からやや離隔した位置に一对の吸収部材 27 が設けられている。

【0074】即ち、この光フィルタ装置 30 の基板 21 上には、図 12 に示すように、符号 M₂ - M₃ 間の領域には薄膜 26 が形成されているが、符号 M₁ - M₂ 間の領域及び符号 M₃ - M₄ 間の領域には薄膜 16 が形成されていないのである。なお、図 12 において、符号 M₂ 及び M₃ はそれぞれ薄膜 26 の両端部位置を示し、符号 M₁、M₄ はそれぞれトランスデューサ 23 の前段側の最近接部位置及び出射側の吸収部材 27 の前段側の最近接部位置を示す。

【0075】そして、この図 12 に示す光フィルタ装置

17

30も、前述の第1実施形態や第2実施形態の第1の態様におけるものと同様に、後段に特定偏光のみを透過する偏光子等をそなえることにより、光通信システムにおいて波長多重された信号光を分波する波長分波フィルタを構成したり、信号光における他波長成分として含まれる雑音光成分を除去する雑音除去フィルタを構成することができるようになってい

【0076】ここで、基板21、光導波路22、トランスデューサ23及び吸収部材27は、それぞれ前述の第1実施形態における基板1、光導波路2、トランスデューサ3及び吸収部材7と同様の構成及び機能を有するものである。なお、一対の電極部としてのトランスデューサ23は、一対の櫛形電極24、25をそなえて構成されており、櫛形電極24は、複数の歯電極24a及び複数の歯電極24aに一体に接続され各歯電極24aに電位を与える共通電極24bをそなえる一方、櫛形電極25は、複数の歯電極25a及び複数の歯電極25aに一体に接続され各歯電極25aに電位を与える共通電極25bをそなえて構成されている。

【0077】また、薄膜26は、例えば二酸化ケイ素(SiO_2)等のような屈折率が大きい素材にて構成され、薄膜26が形成された部分の基板21の内部に弾性表面波を閉じ込めて基板21の外部に漏洩することを防ぐためのものであり、第1実施形態における拡散領域6と同様の機能を有するものである。そして、薄膜26が部分的に形成された部分の基板21の内部が、光導波路22中を伝搬する入射光を弾性表面波と干渉させる領域(干渉領域; 図12の符号 M_2-M_3 間の領域)ということになる。

【0078】さらに、図12において、28は高周波電圧信号発生器(RF電圧信号発生器)であり、第1実施形態におけるものと同様のものである。また、光導波路22の太さ(光導波路22のパターン幅)は、例えば7 μm 程度であるが、この光フィルタ装置20においても、第1実施形態にかかる光フィルタ装置10と同様に、光導波路22の太さが、光の進行方向に対して一様ではなく分布をもつように構成されている。

【0079】ここで、この光フィルタ装置30においては、前述のごとく薄膜26を光導波路22の上部位置に部分的に形成しているため、二酸化ケイ素の薄膜特性上、図13(a)に示すように、薄膜26が形成された部分(図12の符号 M_2-M_3 間の領域)と薄膜26が形成されない部分(図12の符号 M_1-M_2 間の領域及び符号 M_3-M_4 間の領域)とで基板21の複屈折率に分布が生じる。なお、図13(a)において、符号Eは光導波路22の中心部位置を示し、符号 M_1-M_4 はそれぞれトランスデューサ23の前段側の最近接部位置、薄膜26の両端部位置及び出射側の吸収部材27の前段側の最近接部位置を示す。また、符号 M_1-M_4 間の長さは30mm程度である。

18

【0080】そして、第2実施形態の第2の態様にかかる光フィルタ装置30においては、このような光導波路22の上部における薄膜26の部分的形成により生じた基板21の複屈折率分布を補償すべく、前述のごとく太さ分布をもたせて光導波路22を構成して、光導波路22の実効屈折率を変化させているのである。具体的には、この光フィルタ装置30においては、光導波路22の太さ分布を、図13(b)に示すように、薄膜26が光導波路22上に形成されない位置に相当する光導波路部分よりも、薄膜26が光導波路22上に形成された位置に相当する光導波路部分が太くなるように構成している。

【0081】なお、この光フィルタ装置30においても、前述の第1実施形態の場合と同様に吸収部材27の発熱による温度分布の発生を考慮する必要があるが、この光フィルタ装置30においても、他の方法(例えば基板21の裏面であって吸収部材27が設けられた箇所に対応する部分を冷却すること等)により、温度分布の発生を抑制すればよい。

【0082】上述の構成により、本発明の第2実施形態の第2の態様にかかる光フィルタ装置30においては、光導波路22の入射側端部Sから信号光が入射されると、入射光は光導波路22中を伝播する。このとき、トランスデューサ23にて発生した弾性表面波による音響光学効果的作用により、入射光のうち、所望の波長の光(即ち、弾性表面波の周期 Λ により決定される波長の光)の偏波が90°回転するため、その波長の光がモード変換されて光導波路22の出射側端部Tから出射される。

【0083】この場合も、光導波路22の出射側端部Tからは、弾性表面波の周期 Λ により決定される波長帯に近接する波長帯の光も一部モード変換されて、サイドローブとして出射される。ここで、この光フィルタ装置30において、従来よりの光フィルタ装置と同様に、光導波路22の太さを一定とした場合には、基板21の複屈折率分布を補償できないので、モード変換させたい光波長より短波長側又は長波長側のサイドローブの一部(図14に示す例ではモード変換させたい光波長より短波長側のサイドローブの一部)が増大するとともに、モード変換させたい光波長(中心波長)が揺らぐ場合もある。なお、図14においてもサイドローブを符号Qで示す。

【0084】ところが、この光フィルタ装置30は、前述のごとく光導波路22の太さが光の進行方向に対して分布をもつように構成しているため、光導波路22の上部における薄膜26の部分的形成により生じた基板21の複屈折率分布を補償することができ、光フィルタ装置30から出射されるサイドローブを、モード変換させたい光波長(中心波長)の短波長側及び長波長側とで対称にすることができる。

【0085】そして、この光フィルタ装置30は、上述

のごとく基板 21 の複屈折率分布を補償することができ、中心波長の揺らぎを改善することもできる。このように、本発明の第 2 実施形態の第 2 の態様にかかる光フィルタ装置 30 によれば、光導波路 22 の実効屈折率を変化させるように光導波路が構成されている（即ち、光導波路 22 の太さが、光の進行方向に対して分布をもつように構成されている）ので、光導波路 22 の上部における薄膜 26 の部分的形成により生じた基板 21 の複屈折率分布を補償することができ、第 1 実施形態にかかる光フィルタ装置 10 と同様の利点を得ることができる。

【0086】なお、第 2 の態様においては、吸収部材 27 の発熱による温度分布の発生を、例えば冷却等のような他の方法にて抑制した場合について説明したが、温度分布も考慮した上で光導波路 22 の太さ分布を設計してもよい。また、前述の第 2 実施形態の第 1 の態様の場合と同様に、薄膜 26 を形成したことによる応力分布を考慮して、光導波路 22 の太さ分布を設計してもよい。

【0087】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の光フィルタ装置によれば、光フィルタ装置内で生じた複屈折率分布を補償すべく、光導波路の実効屈折率を変化させるように光導波路が構成されることにより、入射光のモード変換を行なう際に発生するサイドローブの増大を防ぐことができるとともにモード変換させたい光波長（中心波長）の揺らぎを防ぐこともでき、良好なフィルタ特性を得ることができる。従って、このような光フィルタ装置を光通信システムに適用すれば、波長多重された信号光を精度よく分波したり、信号光における他波長成分として含まれる雑音光成分を精度よく除去することができる利点がある（請求項 1～請求項 12）。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施形態にかかる光フィルタ装置の構成を示す模式図である。

【図 2】（a）、（b）は、それぞれ本発明の第 1 実施形態にかかる光フィルタ装置の光導波路の構成について説明するための図である。

【図 3】基板の複屈折率と温度との関係を示す図である。

【図 4】基板の複屈折率と光導波路の太さとの関係を示す図である。

【図 5】（a）、（b）は、それぞれ本発明の第 1 実施形態にかかる光フィルタ装置の光導波路の構成について説明するための図である。

【図 6】基板の複屈折率と応力との関係を示す図である。

【図 7】本発明の第 1 実施形態にかかる光フィルタ装置から出射される光の強度分布を示す図である。

【図 8】本発明の第 2 実施形態の第 1 の態様にかかる光フィルタ装置の構成を示す模式図である。

【図 9】（a）、（b）は、それぞれ本発明の第 2 実施形態の第 1 の態様にかかる光フィルタ装置の光導波路の構成について説明するための図である。

【図 10】基板の複屈折率と応力との関係を示す図である。

【図 11】光導波路の太さを一定とした光フィルタ装置から出射される光の強度分布の一例を示す図である。

【図 12】本発明の第 2 実施形態の第 2 の態様にかかる光フィルタ装置の構成を示す模式図である。

【図 13】（a）、（b）は、それぞれ本発明の第 2 実施形態の第 2 の態様にかかる光フィルタ装置の光導波路の構成について説明するための図である。

【図 14】光導波路の太さを一定とした光フィルタ装置から出射される光の強度分布の他の例を示す図である。

【図 15】従来よりの光フィルタ装置の構成を示す模式図である。

【図 16】拡散領域により基板に応力がかかる様子を模式的に示す図である。

【図 17】従来よりの光フィルタ装置から出射される光の強度分布の一例を示す図である。

【図 18】従来よりの光フィルタ装置から出射される光の強度分布の他の例を示す図である。

【符号の説明】

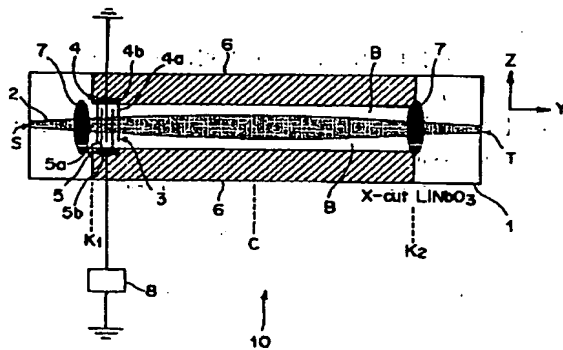
- 1 基板
- 2 光導波路
- 3 トランスデューサ（一对の電極部）
- 4, 5 櫛形電極
- 4 a, 5 a 歯電極
- 4 b, 5 b 共通電極
- 6 拡散領域
- 7 吸収部材
- 8 高周波電圧信号発生器（RF 電圧信号発生器）
- 10 光フィルタ装置
- 11 基板
- 12 光導波路
- 13 トランスデューサ（一对の電極部）
- 14, 15 櫛形電極
- 14 a, 15 a 歯電極
- 14 b, 15 b 共通電極
- 16 薄膜
- 17 吸収部材
- 18 高周波電圧信号発生器（RF 電圧信号発生器）
- 20 光フィルタ装置
- 21 基板
- 22 光導波路
- 23 トランスデューサ（一对の電極部）
- 24, 25 櫛形電極
- 24 a, 25 a 歯電極
- 24 b, 25 b 共通電極
- 26 薄膜

21

- 27 吸収部材
- 28 高周波電圧信号発生器 (RF電圧信号発生器)
- 30 光フィルタ装置
- 100 光フィルタ装置
- 101 基板
- 102 光導波路
- 103 トランスデューサ

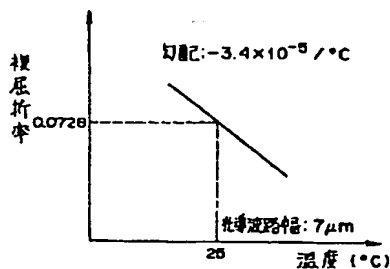
【図1】

本発明の第1実施形態にかかる光フィルタ装置の構成を示す模式図



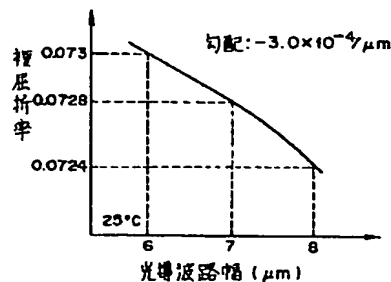
【図3】

基板の複屈折率と温度との関係を示す図



【図4】

基板の複屈折率と光導波路の太さとの関係を示す図

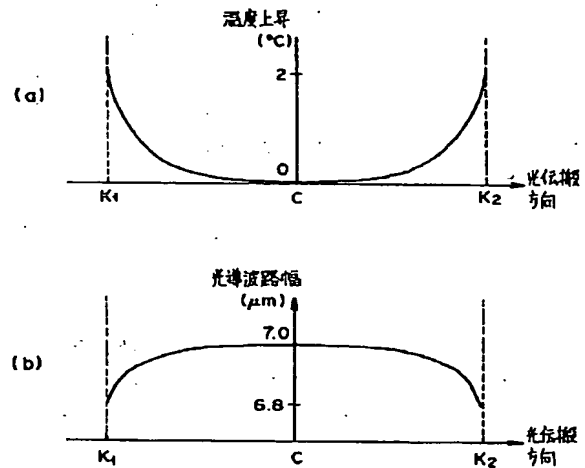


22

- 104, 105 楕円電極
- 104a, 105a 歯電極
- 104b, 105b 共通電極
- 106 拡散領域
- 107 吸収部材
- 108 高周波電圧信号発生器 (RF電圧信号発生器)

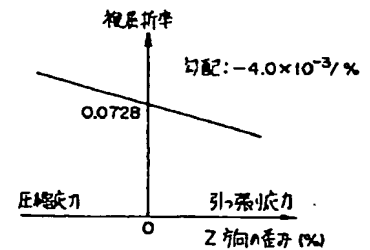
【図2】

本発明の第1実施形態にかかる光フィルタ装置の光導波路の構成について説明するための図



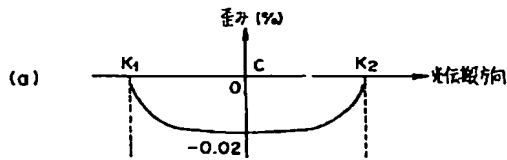
【図6】

基板の複屈折率と応力との関係を示す図



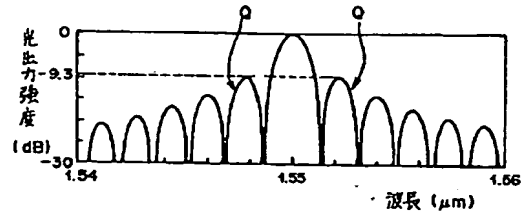
【図 5】

本発明の第 1 実施形態にかかる光フィルタ装置の光導波路の構成について説明するための図



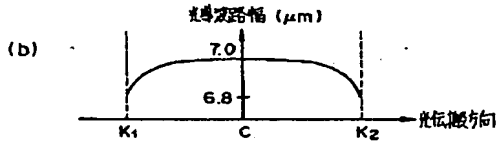
【図 7】

本発明の第 1 実施形態にかかる光フィルタ装置から射出される光の強度分布を示す図



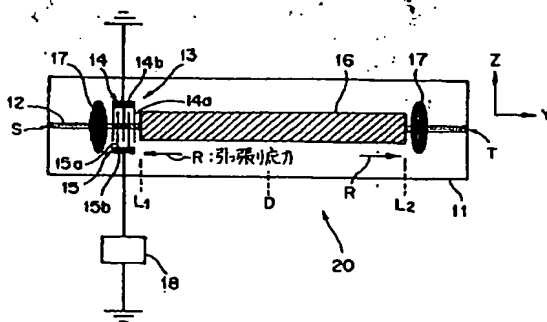
【図 9】

本発明の第 2 実施形態の第 1 態様にかかる光フィルタ装置の光導波路の構成について説明するための図



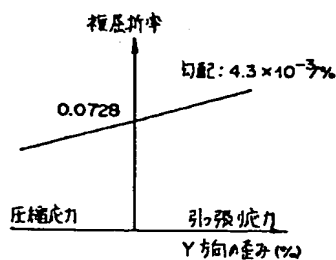
【図 8】

本発明の第 2 実施形態の第 1 態様にかかる光フィルタ装置の構成を示す模式図



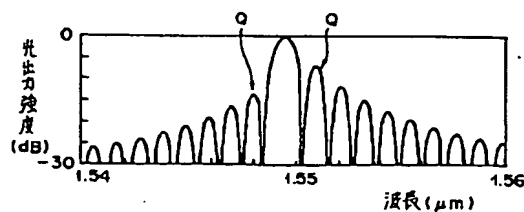
【図 10】

基板の屈折率と応力との関係を示す図



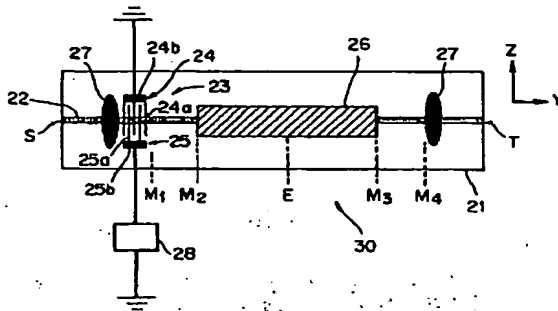
【図 11】

光導波路の太さ B 一定とした光フィルタ装置から射出される光の強度分布の一例を示す図



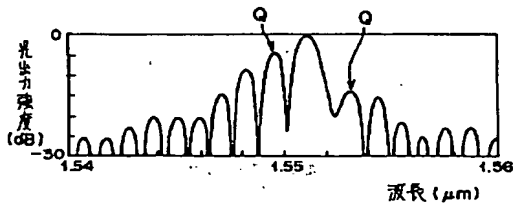
【図 12】

本発明の第2実施形態の第2の状態にかかる光フィルタ装置の構成を示す模式図



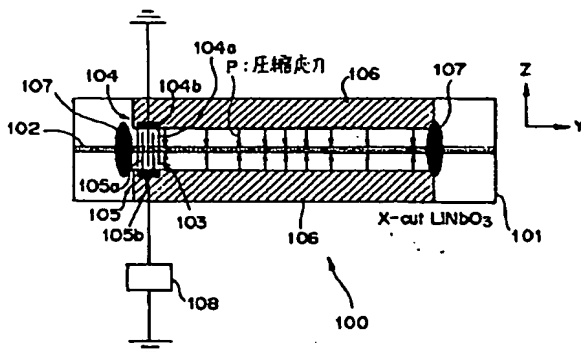
【図 14】

光導波路の太さも一定とした光フィルタ装置から射出される光の強度分布の他の例を示す図



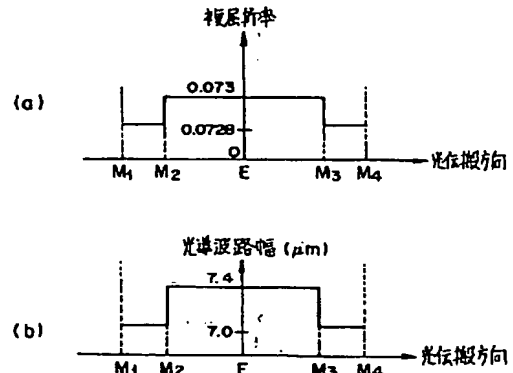
【図 16】

拡散領域により基板に電力がかかる様子を模式的に示す図



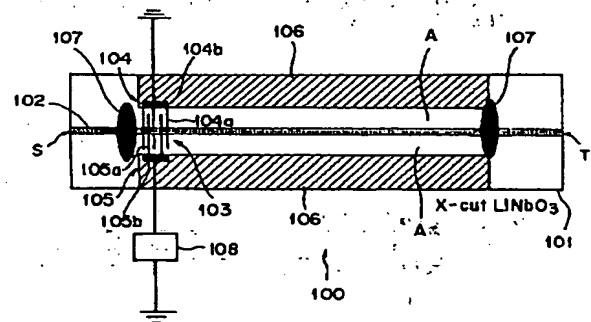
【図 13】

本発明の第2実施形態の第2の状態にかかる光フィルタ装置の光導波路の構成について説明するための図



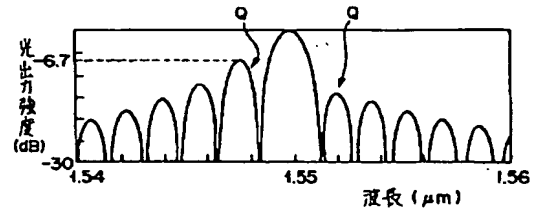
【図 15】

従来の光フィルタ装置の構成を示す模式図



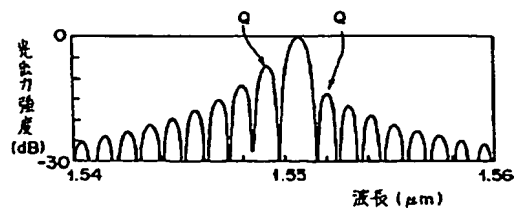
【図 17】

従来の光フィルタ装置から射出される光の強度分布の一例を示す図



【図18】

従来の光波長分離装置の放射光の強度分布の他の例を示す図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.